

บทที่ 2

วรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง

การวิจัย เรื่อง ผลการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ เรื่อง ชนิดของฟังก์ชัน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนวชิรธรรมโสภิต จังหวัดเพชรบุรี ผู้วิจัยได้ศึกษาวรรณกรรมที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์
 - 1.1 การจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์
 - 1.2 การประเมินโครงการคณิตศาสตร์
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์
3. การเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์
 - 3.1 ความหมายและแบบของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์
 - 3.2 คณิตศาสตร์กับการเชื่อมโยง
 - 3.3 มาตรฐานการเชื่อมโยง
 - 3.4 การประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์จากกิจกรรมโครงการ
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์

1. ความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์

1.1 การจัดการเรียนรู้ โดยใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2555, น. 32-41) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ไว้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่สอดแทรกกิจกรรมการทำโครงงานเข้าไปเป็นส่วนหนึ่งของบทเรียน เริ่มต้นด้วยการแนะนำและให้นักเรียนได้ลงมือทำโครงงานที่มีองค์ประกอบน้อย ๆ ซึ่งสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนรู้ และการทำแบบฝึกหัดตามปกติของการจัดการเรียนรู้ แล้วค่อย ๆ เพิ่มงานและองค์ประกอบการเขียนรายงานการจัดทำโครงงานให้มากขึ้นในลักษณะค่อยเป็นค่อยไปจนกระทั่งมีความสมบูรณ์ตามรูปแบบของการเขียนรายงาน

การจัดทำโครงการ โดยมีจุดประสงค์เพื่อให้นักเรียนได้เพิ่มพูนความรู้ความเข้าใจสาระสำคัญของบทเรียนและการเชื่อมโยงความรู้ผ่านการทำโครงการ ในขณะที่เดียวกันก็ได้เรียนรู้วิธีการทำโครงการในลักษณะที่มีความเชื่อมโยงกับสาระในบทเรียนและครอบคลุมถึงการประยุกต์ใช้ความรู้ทางสาระคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการสามารถแบ่งเป็นขั้นตอนใหญ่ ๆ ได้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 เริ่มเรียนรู้สู่โครงการเบื้องต้น: ฝึกทำแบบฝึกหัดหรือกิจกรรมทางคณิตศาสตร์ โดยให้นำเสนอในรูปแบบโครงการอย่างง่าย ฝึกการตั้งชื่อโครงการ กำหนดจุดประสงค์ของโครงการ ระบุหัวข้อของเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง และเขียนรายงานผลการดำเนินงานที่สอดคล้องกับจุดประสงค์

ขั้นตอนที่ 2 ฝึกฝนเติมสาระและระบุวิธีดำเนินงาน: เพิ่มเติมหัวข้อจากขั้นตอนที่ 1 โดยเพิ่มรายละเอียดของเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับโครงการอย่างง่ายที่ทำ และเพิ่มการเขียนวิธีดำเนินงานสั้น ๆ ในการจัดทำโครงการ

ขั้นตอนที่ 3 สอดประสานทำโครงการที่สมบูรณ์: ฝึกทำโครงการที่สัมพันธ์กับบทเรียน ให้มีความลุ่มลึกมากยิ่งขึ้น เขียนรายงานการทำโครงการทำนองเดียวกันกับขั้นตอนที่ 1 และ 2 โดยให้มีความละเอียดชัดเจนขึ้น และเพิ่มเติมหัวข้อที่สำคัญในการเขียนรายงานให้สมบูรณ์ ได้แก่ ความเป็นมา ระยะเวลาดำเนินงาน สรุปและข้อเสนอแนะ และหัวข้ออื่น ๆ ที่เห็นว่าเหมาะสม

ขั้นตอนที่ 1-3 เป็นการฝึกให้นักเรียนทำโครงการที่สอดคล้องกับกิจกรรมหรือแบบฝึกหัดของบทเรียนในกรอบของจุดประสงค์การเรียนรู้ รวมถึงการขยายขอบข่ายขององค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนเป็นการสอดแทรกโครงการเข้าไปในกิจกรรมการเรียนรู้ของบทเรียน เมื่อนักเรียนประสบความสำเร็จแล้ว จึงดำเนินการใน ขั้นตอนี่ 4 ต่อไป

ขั้นตอนที่ 4 เพิ่มพูนประสบการณ์ทำโครงการที่สนใจ: เพิ่มเติมความรู้เกี่ยวกับการจัดทำโครงการประเภทต่าง ๆ นอกเหนือไปจากการจัดทำโครงการที่สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ เปิดโอกาสนักเรียนมีอิสระในการทำโครงการอย่างเต็มที่ อาจเป็นโครงการที่นักเรียนสนใจศึกษาเพิ่มเติมในเชิงลึกเป็นการเฉพาะ ซึ่งมีความเชื่อมโยงหรือบูรณาการกับเนื้อหาสาระหลายสาระก็ได้

ในการจัดการเรียนรู้เพื่อเตรียมการสู่กิจกรรมโครงการ ครูควรสอดแทรกการใช้คำถามแบบเปิดกว้าง หรือปัญหาปลายเปิดซึ่งเป็นปัญหาที่มีคำตอบหลาย ๆ คำตอบ รวมถึงการให้นักเรียนเป็นผู้หาตัวอย่างที่สอดคล้องกับเนื้อหาของบทเรียนที่กำลังเรียน คำถามหรือปัญหาปลายเปิดนั้น สามารถพัฒนาและฝึกฝนจากคำถามหรือปัญหาปกติ เป็นการจุดประกายเริ่มต้นของ

การมีอิสระทางความคิดที่ยังอยู่ภายในกรอบที่กำหนดตามจุดประสงค์การเรียนรู้ของบทเรียน ทำให้ไม่ยากเกินไปในการตอบ เป็นการฝึกการคิดแบบยืดหยุ่นที่นำไปสู่การคิดริเริ่มสร้างสรรค์

รายละเอียดของขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงงาน มีดังนี้

1.1.1 ขั้นตอนที่ 1 เริ่มเรียนรู้สู่โครงงานเบื้องต้น: ขั้นตอนทั่ว ๆ ไป ของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ที่นิยมใช้กันสรุปย่อ ๆ ได้ดังนี้

1) **นำเข้าสู่บทเรียน** โดยการทบทวนความรู้พื้นฐานที่เกี่ยวข้องเพื่อเตรียมความพร้อมในการเรียนเนื้อหาใหม่ หรือสร้างความตระหนักให้เห็นความสำคัญของบทเรียน

2) **นำเสนอเนื้อหาใหม่** ด้วยการเสนอตัวอย่าง บทนิยาม หรือใช้การแก้ปัญหาที่มีความเกี่ยวข้องเพื่อเชื่อมโยงสู่เนื้อหาใหม่

3) **เสริมสร้างความเข้าใจ** นำเสนอตัวอย่างเพิ่มเติม ครูและนักเรียนสรุปข้อความรู้ร่วมกัน

4) **นำไปใช้** แสดงการนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ อาจอยู่ในรูปการแก้โจทย์ปัญหา

5) **ฝึกทักษะและทบทวน** รวมทั้งการขยายฐานความรู้ ด้วยการให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดหรือกิจกรรมที่สอดคล้องกับบทเรียน

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้คณิตศาสตร์ตามขั้นตอนข้างต้นสามารถสอดคล้องกิจกรรมโครงงานปรับเปลี่ยนและเพิ่มเติมส่วนท้ายของกิจกรรมการเรียนรู้ ในขั้นฝึกทักษะและทบทวน ด้วยการให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดหรือกิจกรรมที่สอดคล้องแนวคิดของการจัดทำโครงงาน โดยแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มให้นำเสนอกิจกรรมในรูปโครงงานอย่างง่าย ขนาดเล็ก อาจเรียกว่า “โครงงานน้อย” (mini project) ซึ่งสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยให้เขียนรายงานการทำโครงการเพียง 3-4 ส่วนก็พอ ซึ่งประกอบด้วยหัวข้อต่อไปนี้

1) **ชื่อโครงงาน** สามารถกำหนดให้สอดคล้องกับเนื้อหาสาระที่นักเรียนกำลังเรียน หรือเป็นชื่อในลักษณะที่ดึงดูดความสนใจซึ่งมีความสอดคล้องกับเนื้อหาสาระที่จะนำเสนอในรูปโครงงาน

2) **ผู้จัดทำโครงงาน** ระบุชื่อนักเรียนที่ทำหรือชื่อกลุ่มที่จัดทำโครงงานร่วมกัน กลุ่มละ 3-4 คน

3) **จุดประสงค์** ในส่วนนี้ถือว่าเป็นเรื่องใหม่สำหรับนักเรียน การเริ่มต้นฝึกให้นักเรียนมีความรู้สึว่าการเขียนจุดประสงค์ไม่ยากและสามารถทำได้ด้วยตนเอง ก็คือ การปรับเปลี่ยนคำสั่งที่ให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดพัฒนามาเป็นจุดประสงค์ของโครงงาน เช่น

(1) ในเรื่อง ทศนิยม จากคำสั่ง “จงเขียนทศนิยมในรูปกระจาย” อาจแปลงเป็นจุดประสงค์ “เพื่อสำรวจทศนิยมที่พบในชีวิตประจำวันและเขียนแสดงทศนิยมในรูปกระจาย”

(2) ในเรื่อง ปริมาตรของรูปทรงสี่เหลี่ยมมุมฉาก จากคำสั่งในโจทย์ปัญหา “จงหาปริมาตรของกล่องทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากที่มีความกว้าง...ความยาว...และความสูง...” อาจแปลงคำสั่งเป็นจุดประสงค์ “เพื่อสำรวจสิ่งของที่มีลักษณะเป็นทรงสี่เหลี่ยมมุมฉากและหาปริมาตรของสิ่งของนั้น”

ครูผู้สอนจะต้องทำหน้าที่เป็นที่ปรึกษาโครงการไปด้วยในตัว ช่วยดูแลและแนะนำการเขียนจุดประสงค์ของโครงการให้อยู่ในกรอบของจุดประสงค์การเรียนรู้ เนื่องจากเป็นโครงการในระยะเริ่มต้น มีความเชื่อมโยงกับบทเรียนโดยตรงไปตรงมา

4) *สาระคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง* ให้ระบุเพียงชื่อหัวข้อ หรือ ชื่อเรื่องของบทเรียนที่นักเรียนกำลังเรียนอยู่ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับโครงการที่นักเรียนทำ ในการทำโครงการขั้นตอนแรกนี้ให้นักเรียนระบุเพียงชื่อของหัวข้อ หรือ ชื่อเรื่อง ก็เป็นการเพียงพอ รายละเอียดต่างๆ ให้อธิบายไว้อีกก็ได้

5) *ผลการดำเนินงาน* ส่วนประกอบของโครงการในส่วนนี้ต้องมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์ของโครงการ เนื่องจากจุดประสงค์ของโครงการสามารถพัฒนามาจากคำสั่งของแบบฝึกหัดหรือคำสั่งของกิจกรรม ผลการดำเนินงานก็สามารถพัฒนามาจากวิธีทำและคำตอบที่ทำตามคำสั่ง รวมถึงการแสดงผลตามที่ระบุในจุดประสงค์นั่นเอง ทั้งนี้ผู้จัดทำต้องมีวิธีการนำเสนอเป็นของตนเอง นำเสนอให้น่าสนใจกว่าการทำแบบฝึกหัดปกติ

ครูอาจต้องใช้เวลาในการจัดกิจกรรมสัก 3-4 ครั้ง ครั้งละ 1-2 ชั่วโมง เพื่อให้ นักเรียนมีความคุ้นเคยกับการทำโครงการอย่างง่าย ๆ ในระยะแรกนี้ครูจะมีบทบาทในการแนะนำนักเรียนค่อนข้างมากเพื่อให้การจัดทำโครงการอยู่ในกรอบของจุดประสงค์ของบทเรียน และควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอโครงการ ด้วยวิธีการนำเสนอโดยใช้สื่อช่วยในการนำเสนอ เช่น เครื่องฉายภาพทึบแสง หรือจัดแสดงโครงการบนป้ายนิเทศของห้องเรียน

1.1.2 ขั้นตอนที่ 2 ฝึกฝนเติมสาระและระบุวิธีดำเนินงาน หลังจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นการเปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระในการคิด ในการให้นักเรียนทำแบบฝึกหัด หรือ กิจกรรมหลังเรียน ครูสามารถฝึกให้นักเรียนนำเสนอในรูปแบบโครงการอย่างต่อเนื่องต่อไป ส่วนประกอบของรายงานการทำโครงการที่ควรให้นักเรียนเพิ่มเติมในการจัดทำโครงการ ขั้นตอนที่ 2 นี้ คือ การเพิ่มเติมรายละเอียดของเนื้อหาสาระที่เกี่ยวข้อง และการเขียนวิธีดำเนินงาน โดยให้เขียนต่อจากจุดประสงค์ โดยมีสาระ ดังนี้

1) **สาระคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง** ให้นักเรียนพิจารณาว่าโครงการคณิตศาสตร์ที่จัดทำมีความเกี่ยวข้องหรือได้นำเนื้อหาของคณิตศาสตร์ส่วนใดมาใช้บ้าง ซึ่งในขั้นตอนที่ 1 นักเรียนเขียนเฉพาะชื่อหัวข้อหรือชื่อเรื่อง ต่อมาในขั้นตอนที่ 2 นี้อาจให้เพิ่มเติมสาระสำคัญของเนื้อหาคณิตศาสตร์ลงไปด้วย เช่น โครงการตัวประกอบของจำนวนนับ สาระคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง: ตัวประกอบของจำนวนนับ เป็นจำนวนนับที่นำมาหารจำนวนนับที่กำหนดให้ได้ลงตัว

2) **วิธีดำเนินงาน** กล่าวถึง วิธีการที่นำไปสู่การได้คำตอบ สิ่งที่ต้องการ หรือ ผลตามที่กำหนดในจุดประสงค์ให้แสดงขั้นตอนที่นำไปสู่การได้ผลการดำเนินงานตามโครงการ นักเรียนสามารถเขียนเรียบเรียงขึ้นจากวิธีการหรือขั้นตอนที่นักเรียนปฏิบัติโดยตรง การเขียนเล่าสิ่งที่ได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เป็นสิ่งที่ไม่ยากสำหรับนักเรียน วิธีการดำเนินงานที่ใช้ในโครงการ เช่น การศึกษาเอกสาร ตำรา การสัมภาษณ์ผู้รู้ การสำรวจ การสังเกต การทดลอง การสร้างสิ่งประดิษฐ์ รวมถึงการสร้างแบบจำลองเพื่อหาคำตอบ

1.1.3 ขั้นตอนที่ 3 สอดประสานทำโครงการที่สมบูรณ์ เมื่อถึงระยะนี้ ถือว่านักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในการจัดทำโครงการได้พอสมควร สามารถฝึกทำโครงการที่มีความลุ่มลึกและมีขนาดใหญ่ขึ้นได้ การเขียนรายงานการทำโครงการในขั้นตอนที่ 3 เป็นการเขียนหัวข้อต่าง ๆ ที่มีความละเอียดชัดเจนขึ้น มีการเพิ่มเติมองค์ประกอบของโครงการให้สมบูรณ์ตามรูปแบบของการเขียนรายงานโครงการ

เมื่อทำถึงขั้นตอนนี้ สาระในบทเรียนคณิตศาสตร์ต่างๆ ไป มักเป็นเรื่องการประยุกต์ใช้ความรู้ในลักษณะการแก้โจทย์ปัญหา หรือเป็นการขยายฐานความคิดของเรื่องที่เรียนออกไป ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้จัดทำโครงการที่มีองค์ประกอบครบถ้วน เป็นโครงการที่สมบูรณ์ชัดเจน จัดว่าเป็นโครงการใหญ่ที่ต้องใช้ความคิดและเวลาพอสมควร

หัวข้อหรือองค์ประกอบของรายงานการทำโครงการ ในขั้นตอนที่ 3 ที่ควรเพิ่มเติมจากขั้นตอนที่ 1 และ 2 ให้สมบูรณ์ มีดังนี้

1) **ครูที่ปรึกษา** คือ ผู้ที่นักเรียนสามารถไปปรึกษาโดยครูผู้นั้นมีความถนัดและสนใจในเรื่องที่นักเรียนจัดทำโครงการ โดยครูที่ปรึกษาจะเป็นผู้ให้ข้อคิด ข้อเสนอแนะ แนวทางการแก้ไขอุปสรรคหรือปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะที่ทำโครงการ ระหว่างทำโครงการหรือสิ้นสุดโครงการ

2) **ความเป็นมา** ให้กล่าวถึงเหตุผล แรงจูงใจที่ทำให้เกิดความสนใจในการทำโครงการนี้ขึ้นมา เช่น หลังจากเรียนเนื้อหาเรื่อง... แล้ว ต้องการหาตัวอย่างเพิ่มเติมหรือเสริมความเข้าใจในเรื่องที่เรียน หรืออยากทราบว่าเนื้อหาที่เรียนมีความเกี่ยวข้องกับสิ่งรอบตัว หรือนำไปประยุกต์ใช้ได้อย่างไรบ้าง

3) *ระยะเวลาในการดำเนินงาน* บอกช่วงเวลาหรือระยะเวลารวมในการจัดทำโครงการ อาจนำไปไว้เป็นส่วนขยายของวิธีดำเนินงานก็ได้

4) *สรุปและข้อเสนอแนะ* เป็นการสรุปสาระสำคัญของผลการดำเนินงานที่สอดคล้องกับจุดประสงค์ ควรสรุปแยกเป็นข้อ ๆ นอกจากนี้สามารถเพิ่มเติมสิ่งที่นักเรียนผู้จัดทำได้รับประสบการณ์จากการจัดโครงการในลักษณะที่เป็นข้อค้นพบ ความรู้ รวมถึงแนวทางที่จะเสนอแนะให้ผู้อื่นสามารถนำไปใช้ประโยชน์ได้

1.1.4 ขั้นตอนที่ 4 เพิ่มพูนประสบการณ์ ในขั้นตอนนี้ จัดเป็นกิจกรรมที่มุ่งให้นักเรียนจัดทำโครงการโดยตรง เปิดโอกาสให้กลุ่มของนักเรียนคิดหัวข้อโครงการเองตามความสนใจ มีความเป็นอิสระมากขึ้น ซึ่งไม่จำเป็นต้องอยู่ภายใต้กรอบของจุดประสงค์การเรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่ง อาจมีความเชื่อมโยงสาระคณิตศาสตร์หลายเรื่อง หรือมีความเชื่อมโยงกับสาระอื่นในลักษณะบูรณาการก็ได้ ลักษณะเป็นกิจกรรมเสริมนอกเหนือจากการเรียนการสอนตามปกติ ครูควรให้ความรู้เกี่ยวกับโครงการที่มีลักษณะแตกต่างไปจากเดิม เช่น โครงการประเภททดลองที่ต้องเพิ่มองค์ประกอบของโครงการในเรื่อง ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม สมมติฐานของการทดลองและแสดงผลการทดสอบ สมมติฐานในผลการดำเนินงาน

การจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการ ขั้นตอนเริ่มต้นนักเรียนจะมีส่วนร่วมในการกำหนดแนวทางการจัดทำโครงการค่อนข้างน้อย บทบาทส่วนใหญ่อยู่ที่ครูจะเป็นฝ่ายกำหนดแนวทางเพื่อให้โครงการอยู่ในกรอบของจุดประสงค์การเรียนรู้แต่นักเรียนก็มีอิสระในการดำเนินการเอง ขั้นตอนต่อมานักเรียนมีบทบาทมากขึ้นจนกระทั่งมีอิสระในการจัดทำโครงการอย่างเต็มที่ ครูจะลดบทบาทลงเพื่อทำหน้าที่เป็นครูที่ปรึกษาโครงการ

โดยสรุปแล้วในการจัดการเรียนการสอนโดยใช้กิจกรรมโครงการ คณิตศาสตร์ เรื่อง ชนิดของฟังก์ชันที่ผู้วิจัยจัดทำนี้ จะแบ่งการจัดกิจกรรมออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ ขั้นตอนที่ 1 เริ่มเรียนรู้สู่โครงการเบื้องต้น โดยนำเสนอในรูปแบบโครงการอย่างง่าย ขั้นตอนที่ 2 ฝึกฝนเติมสาระและระบุวิธีดำเนินงาน โดยเป็นโครงการอย่างง่ายที่มีการเพิ่มเติมรายละเอียดของเนื้อหาสาระคณิตศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง เพิ่มวิธีการดำเนินงานสั้นๆลงไป ขั้นตอนที่ 3 สอดประสานทำโครงการที่สมบูรณ์ เป็นการให้นักเรียนฝึกทำโครงการที่สัมพันธ์กับบทเรียน เขียนรายงานให้สมบูรณ์ ขั้นตอนที่ 4 เพิ่มพูนประสบการณ์ทำโครงการที่สนใจ ให้นักเรียนมีอิสระในการจัดทำโครงการอย่างเต็มที่อาจเชื่อมโยงหรือบูรณาการกับเนื้อหาสาระหลายสาระก็ได้ โดยในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สอดแทรกกิจกรรมโครงการเข้าไปในขั้นตอนต่างๆ ของการจัดการเรียนการสอน สำหรับโครงการฉบับสมบูรณ์นักเรียนได้จัดทำโครงการคณิตศาสตร์ที่นำความรู้เรื่องชนิดของ

ฟังก์ชันไปสร้างหรือออกแบบผลิตภัณฑ์ที่สามารถสร้างรายได้เสริมในครัวเรือนของท้องถิ่นในจังหวัดเพชรบุรี

1.2 การประเมินโครงการคณิตศาสตร์

ปรีชา เนาว์เย็นผล (2555, น.20-21) กล่าวว่า การประเมินโครงการตามแนวทางของการประเมินตามสภาพจริงสามารถแบ่งได้เป็น 2 ตอน คือ การประเมินผลสัมฤทธิ์ของโครงการซึ่งในแต่ละตอนต้องกำหนดวิธีการและเครื่องมือในการประเมิน การประเมินกระบวนการจัดทำโครงการ เป็นการประเมินระหว่างการทำงานลงมือปฏิบัติทำโครงการของนักเรียนทั้งที่เป็นรายบุคคลและการร่วมมือกันทำงานเป็นกลุ่ม ครอบคลุมการวางแผน การทำงาน การศึกษาค้นคว้า การเก็บรวบรวมข้อมูล การแปลความหมายซึ่งสามารถประเมินโดยครูที่ปรึกษาโครงการ โดยทั่วไปการประเมินโครงการมักให้ความสำคัญกับการประเมินผลสัมฤทธิ์ของโครงการที่เป็นผลสำเร็จแล้ว เรียกว่า การประเมินคุณภาพโครงการ การประเมินคุณภาพโครงการคณิตศาสตร์ ต้องกำหนดขอบข่ายหรือประเด็นของสิ่งที่ต้องการประเมินเพื่อนำมากำหนดตัวบ่งชี้ กำหนดวิธีการและเครื่องมือประเมิน

กรมวิชาการ (2543, น. 8-14) ได้กล่าวถึง การประเมินโครงการไว้ว่าผู้ประเมินโครงการอาจดำเนินการด้วยบุคคลต่อไปนี้

1. ผู้เรียนประเมินตนเอง
2. เพื่อนประเมิน
3. ผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาประเมิน
4. ผู้ปกครองประเมิน
 - 1) ผู้เรียนประเมินตนเอง จะแสดงออกให้เห็นว่า ผู้เรียนเจ้าของโครงการซึ่งอาจเป็นรายบุคคลหรือกลุ่มทำงาน มีความพึงพอใจต่อขั้นตอนของกิจกรรมแต่ละขั้นที่ได้กำหนดหรือร่วมกันกำหนดขึ้นเองเพียงใด มีหัวข้อกิจกรรมใดที่ยังขาดตกบกพร่องจะต้องเพิ่มเติมในส่วนใดบ้าง ความละเอียด รัดกุม ในแต่ละขั้นเป็นอย่างไร
 - 2) เพื่อนประเมิน อาจให้ข้อคิดเห็นสะท้อนภาพเพิ่มเติม
 - 3) ผู้สอนหรือครูที่ปรึกษาประเมิน อาจให้คำแนะนำเพิ่มเติมได้ในเรื่องวิธีการอื่นที่ใช้ในการศึกษาหาคำตอบ ความสัมพันธ์ของวิชาตามหัวข้อเรื่องที่ศึกษากับวิชาอื่น ข้อค้นพบที่ผู้เรียนได้จากโครงการ การนำคำตอบของการศึกษาที่ได้ไปใช้ประโยชน์
 - 4) ผู้ปกครองประเมิน เพื่อเป็นการสนับสนุนทั้งด้านการเงิน กำลังใจ ให้โอกาสให้เวลาร่วมกิจกรรมตามความสนใจของเด็ก

สมาคมคณิตศาสตร์แห่งประเทศไทยในพระบรมราชูปถัมภ์ (2541, น. 2-6 อ้างถึงใน ปรีชา เนาว่าเย็นผล, 2555, น.13-21) ได้กำหนดประเด็นหลักในการประเมิน โครงการงานออกเป็น 4 ประเด็น ดังนี้

1.2.1 ความสำคัญของการจัดทำโครงการ พิจารณาจากตัวบ่งชี้ต่อไปนี้

- 1) การริเริ่มสร้างสรรค์ นักเรียนริเริ่มเองหรือครูช่วยแนะแนวทาง
- 2) การมีความคิดสร้างสรรค์
- 3) การมีส่วนช่วยพัฒนาตนของผู้จัดทำโครงการ
- 4) ช่วยให้เกิดการร่วมมือกันทำงานเป็นกลุ่ม
- 5) ความเชื่อมโยงกับเนื้อหาคณิตศาสตร์ในบทเรียน
- 6) ความมีประโยชน์ของโครงการ

1.2.2 เนื้อหาของโครงการ พิจารณาจากตัวบ่งชี้ต่อไปนี้

- 1) ความถูกต้องของเนื้อหาทางคณิตศาสตร์
- 2) ความเหมาะสมในการใช้แนวคิดทางคณิตศาสตร์
- 3) การเลือกใช้ข้อมูลได้เหมาะสมตรงประเด็นปัญหา
- 4) มีการอธิบายโดยใช้เนื้อหาคณิตศาสตร์ที่ชัดเจน

1.2.3 กระบวนการทำงาน พิจารณาจากตัวบ่งชี้ต่อไปนี้

- 1) มีการวางแผนอย่างมีระบบ
- 2) วิธีดำเนินงานอยู่ในแนวทางที่ทำให้บรรลุจุดประสงค์
- 3) มีการดำเนินงานตามแผน
- 4) มีการประเมินและปรับปรุงการดำเนินงานให้เหมาะสม

1.2.4 การนำเสนอโครงการคณิตศาสตร์ พิจารณาจากตัวบ่งชี้ต่อไปนี้

- 1) การรายงานสามารถสื่อความหมายได้ดี
- 2) ความสมบูรณ์ของข้อมูล
- 3) ความเหมาะสมของรูปแบบที่ใช้นำเสนอ
- 4) ความน่าสนใจของวิธีการนำเสนอ
- 5) ความสอดคล้องของผลการดำเนินงานกับจุดประสงค์ที่กำหนด

นอกจากนี้ การประเมินคุณภาพโครงการคณิตศาสตร์สามารถใช้วิธีการสังเกตการทำงาน การประเมินคุณภาพของชิ้นงานและการวิเคราะห์จากรายงานโครงการ โดยนำตัวบ่งชี้ของแต่ละประเด็นกำหนดเป็นรายการประเมิน และเกณฑ์การประเมินในแบบประเมินคุณภาพโครงการ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท, 2546, น.157-168) ได้เสนอว่า การประเมินผลการทำโครงการงานคณิตศาสตร์ สามารถทำได้หลายรูปแบบ ทั้งการประเมินตนเองของผู้เรียน การประเมินจากเพื่อน ผู้สอน ผู้รู้และผู้เกี่ยวข้องอื่น ๆ โดยใช้วิธีประเมินแบบอิงมาตรฐานแต่ต้องสร้างเกณฑ์ให้สัมพันธ์กับพฤติกรรมหรือการแสดงออกในแต่ละรายการประเมิน พร้อมทั้งกำหนดระดับความสามารถของผู้เรียนด้วยคำอธิบายที่บอกคุณภาพของงานตามลำดับ เพื่อแสดงให้เห็นถึงความก้าวหน้าของผลการเรียนรู้ของผู้เรียนหรือกำหนดเป็นตัวเลขก็ได้

สำหรับเกณฑ์การประเมินผลการทำโครงการงานคณิตศาสตร์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้กำหนดแนวทางการประเมิน ดังนี้

1) การประเมินผลแบบรวมของการทำโครงการงานคณิตศาสตร์ เป็นการประเมินผลในภาพรวมของโครงการงานนั้น ๆ ซึ่งกำหนดระดับคุณภาพตามผลงานที่ปรากฏ โดยมีคำอธิบายประกอบว่าผู้เรียนทำอะไรได้บ้างและทำได้อย่างไร

2) การประเมินผลการทำโครงการงานคณิตศาสตร์แบบวิเคราะห์ เป็นการประเมินโดยแยกเป็นรายองค์ประกอบ การให้น้ำหนักคะแนนของแต่ละองค์ประกอบจะแตกต่างกันตามระดับความสำคัญ ซึ่งอาจกำหนดเกณฑ์การประเมินเป็น 6 องค์ประกอบ โดยแต่ละองค์ประกอบจะแบ่งระดับคุณภาพของงานเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ การสร้างข้อความคาดการณ์ แหล่งการเรียนรู้ การดำเนินการทำโครงการ การนำเสนอ และความรับผิดชอบและความรอบคอบ โดยจัดแบ่งเป็น 4 ระดับคุณภาพ ดังนี้

4 หมายถึง ดีมาก

3 หมายถึง ดี

2 หมายถึง พอใช้

1 หมายถึง ต้องปรับปรุง

ส่วนการประเมินโครงการงานคณิตศาสตร์ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ใช้การประเมินผลการทำโครงการแบบองค์รวมของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประเมินโดยผู้สอน เพื่อนนักเรียนที่ทำโครงการ และผู้เกี่ยวข้อง คือ ครูผู้สอนคณิตศาสตร์อีก 1 ท่าน โดยมีเกณฑ์การประเมินผลการทำโครงการงานคณิตศาสตร์แบบองค์รวม ดังนี้

ตารางที่ 2.1 แสดงเกณฑ์การประเมินผลการทำโครงการคณิตศาสตร์แบบองค์รวม

ระดับคุณภาพ	เกณฑ์การพิจารณา
4 ดีมาก	-แสดงถึงการเข้าใจปัญหาอย่างชัดเจน -มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการออกแบบงาน -ใช้เทคนิควิธีการต่างๆในการจัดทำโครงการจนประสบความสำเร็จ -การนำเสนอโครงการเป็นลำดับขั้นตอนดีมากและใช้เป็นแบบอย่างได้ -มีการวางแผนการทำงานเป็นระบบและทำงานเสร็จตามเวลาที่กำหนด -มีการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ที่น่าเชื่อถือและหลากหลาย
3 ดี	-แสดงถึงความเข้าใจในปัญหา -การออกแบบโครงการมีความถูกต้องเป็นบางส่วน -ใช้เทคนิควิธีการ ในการจัดทำโครงการให้ประสบความสำเร็จเพียงบางส่วน -การนำเสนอโครงการเป็นลำดับขั้นตอน -มีการวางแผนการทำงานและทำงานเสร็จตามเวลาที่กำหนด -มีการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งการเรียนรู้ที่หลากหลาย
2 พอใช้	-เข้าใจปัญหาแต่ใช้เวลานานมาก -ต้องอาศัยการแนะนำในการออกแบบโครงการ -ต้องได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับเทคนิควิธีที่ใช้ในการจัดทำโครงการ -ต้องได้รับคำแนะนำในการเขียนรายงาน -มีการวางแผนการทำงานแต่ไม่ชัดเจนและทำงานเสร็จช้ากว่าที่กำหนดไว้ -มีการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่น่าเชื่อถือเพียงบางส่วน
1 ต้องปรับปรุง	-ไม่เข้าใจปัญหา -การออกแบบโครงการและการทดลองไม่ถูกต้อง -ต้องได้รับคำแนะนำเกี่ยวกับเทคนิควิธีทำโครงการทุกขั้นตอน -การเขียนรายงานยังมีข้อบกพร่อง -มีการวางแผนการทำงานไม่เป็นระบบและทำงานเสร็จช้ากว่าที่กำหนดไว้ -มีการศึกษาค้นคว้าข้อมูลน้อยมาก หรือไม่สัมพันธ์กับโครงการที่จัดทำ

ส่วนเกณฑ์ในการแปลผลการประเมินคุณภาพโครงการคณิตศาสตร์ ผู้วิจัยได้กำหนดช่วงคะแนนเฉลี่ย ดังนี้

คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 3.50 - 4.00 หมายถึง โครงการอยู่ในเกณฑ์ ดีมาก

คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 2.50 - 3.49 หมายถึง โครงการอยู่ในเกณฑ์ ดี

คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 1.50 - 2.49 หมายถึง โครงการอยู่ในเกณฑ์ พอใช้

คะแนนเฉลี่ย เท่ากับ 1.00 - 1.49 หมายถึง โครงการอยู่ในเกณฑ์ ต้องปรับปรุง

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์

การวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยสนใจศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ระหว่างก่อนและหลังการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียน จึงได้ศึกษาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ ดังนี้

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์เป็นความสามารถทางการเรียนของนักเรียน หลังจากที่ได้เรียนเนื้อหาของวิชาคณิตศาสตร์แล้ว โดยจะมีการประเมินว่านักเรียนมีความรู้มากน้อยเพียงใด เพื่อเป็นข้อมูลในการนำไปปรับปรุงการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนต่อไป

การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ใช้แนวคิดของ วิลสัน (Wilson, 1971, pp.643-696 อ้างถึงใน อนันต์ จันทะทวี, 2546, น.297-318) ได้จำแนกพฤติกรรมที่พึงประสงค์ของวิชาคณิตศาสตร์ทางด้านสติปัญญาไว้ ดังนี้

2.1 ความรู้ความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณ (Computation) เป็นความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้อยู่แล้ว ทั้งในด้านข้อเท็จจริง ศัพท์ นิยาม ตลอดจนความสามารถในการดำเนินการคิดโจทย์ปัญหาอย่างง่าย ๆ ไม่ยุ่งยากซับซ้อน ไม่ต้องอาศัยการตัดสินใจ ทั้งนี้ รวมถึงโจทย์ปัญหาที่เหมือนกับตัวอย่างหรือแบบฝึกหัดที่เคยทำมาแล้ว พฤติกรรมขั้นนี้ยังแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนย่อยๆคือ

2.1.1 ความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง (Specific Facts) เป็นความสามารถที่จะระลึกถึงข้อเท็จจริงต่าง ๆ ที่ได้เรียนมาแล้ว ตลอดจนพื้นฐานต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ที่นักเรียนสร้างสมมาเป็นเวลานานอีกด้วย

2.1.2 ความรู้ความจำเกี่ยวกับศัพท์และนิยาม (Terminology) เป็นความสามารถในการระลึกถึงศัพท์นิยามต่าง ๆ ที่ได้เรียนมาแล้วได้ โดยไม่ต้องอาศัยการคิดคำนวณแต่อย่างใดและไม่ต้องอาศัยความรู้อื่นมาช่วย

2.1.3 ความรู้ความจำเกี่ยวกับการใช้กระบวนการคิดคำนวณ (Algorithms) เป็นความสามารถในการใช้ข้อเท็จจริง ศัพท์หรือนิยามและกระบวนการที่ได้เรียนมาแล้ว คิดคำนวณตามกระบวนการที่ได้เรียนมาแล้ว ในที่นี้หมายถึงการดำเนินการลำดับขั้นตอนที่ครูเคยสอนมาแล้ว เช่น ลำดับขั้นตอนในการหารยาว ลำดับขั้นตอนการหา ค.ร.น. หรือ ห.ร.ม.

2.2 ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นความสามารถในการนำความรู้ที่ได้เรียนมาแล้วมาสัมพันธ์กับโจทย์หรือปัญหาใหม่ ตลอดจนความสามารถในการตีความ แปลความและขยายความได้ พฤติกรรมขั้นนี้แบ่งออกเป็น 6 ขั้นย่อยๆ คือ

2.2.1 ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนคติ (Concept) เป็นความสามารถในการนำข้อเท็จจริงที่มีอยู่มาประมวลเข้าเป็นมโนคติ มโนคตินั้นมีความซับซ้อนกว่าข้อเท็จจริง ซึ่งต้องอาศัยความรู้ต่าง ๆ มาผสมผสานกัน คำถามเกี่ยวกับมโนคตินี้ ครูจะต้องไม่เคยบอกหรือสอนมาก่อนเพราะว่าถ้าเคยบอกแล้วจะกลายเป็นวัดความรู้ความจำเกี่ยวกับข้อเท็จจริง

2.2.2 ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการ กฎ และการสรุปอ้างอิงเป็นกรณีทั่วไปทางคณิตศาสตร์ (Principles, Rules and Generalization) เป็นความสามารถในการนำเอาหลักการ กฎ และความรู้เกี่ยวกับมโนคติไปสัมพันธ์ปัญหาจนได้แนวทางในการแก้ปัญหาโจทย์ได้

2.2.3 ความเข้าใจในโครงสร้างทางคณิตศาสตร์ (Mathematical Structure) คำถามที่วัดพฤติกรรมในขั้นนี้ ต่างจากพฤติกรรมขั้นความรู้ความจำ เกี่ยวกับศัพท์และนิยาม เรามักจะใช้คำถามเกี่ยวกับศัพท์และนิยามในคณิตศาสตร์ มาใช้วัดพฤติกรรมเกี่ยวกับโครงสร้างทางคณิตศาสตร์

2.2.4 ความสามารถในการแปลงโจทย์ปัญหาจากรูปแบบหนึ่งไปยังอีกรูปแบบหนึ่ง (Transform Problem Elements From One mode to Another) เป็นความสามารถในการแปลงข้อความที่กำหนดให้ออกเป็นข้อความใหม่หรือภาษาใหม่อีกรูปหนึ่ง ซึ่งมีความหมายคงเดิม เป็นต้นว่าเปลี่ยนโจทย์ปัญหาให้อยู่ในรูปสมการ ซึ่งการวัดในขั้นนี้ไม่รวมถึงวิธีการในการหาคำตอบจากสมการนั้น

2.2.5 ความสามารถในการดำเนินความคิดตามแนวของเหตุผลที่วางไว้ (Follow a Line of Reasoning) ความสามารถในการดำเนินความคิดตามแนวของเหตุผลเป็นความสามารถในการอ่านและเข้าใจกับข้อความทางคณิตศาสตร์และสามารถบอกได้ว่าผลสรุปในแต่ละขั้นมาจากเหตุผลใด

2.2.6 ความสามารถในการอ่านและตีความโจทย์ปัญหา (Read and Interpret of Problem) เป็นความสามารถในการอ่านและตีความจากโจทย์ปัญหาที่กำหนดให้เพื่อทราบว่าโจทย์ต้องการอะไร โจทย์กำหนดอะไรให้บ้าง สิ่งที่โจทย์กำหนดให้ยังขาดส่วนใดบ้าง รวมทั้งการแปลความหมายจากกราฟหรือข้อมูลทางสถิติตลอดจนการแปลสมการหรือตัวเลขให้เป็นรูปภาพ

2.3 การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถในการแก้ปัญหาต่าง ๆ ที่คล้ายคลึงกับที่เคยเรียนมาแล้ว นั่นคือนักเรียนจะต้องผสมผสานความรู้ความสามารถ จากชั้นความรู้ความจำเกี่ยวกับการคิดคำนวณและความเข้าใจ ในการนำมาใช้แก้โจทย์ปัญหา ซึ่งจะมีหลายขั้นตอนในการจัดกระทำเพื่อให้ได้คำตอบออกมา ดังนั้นจึงมีความจำเป็นจะต้องมีการเลือกการตัดสินใจว่าจะทำขั้นตอนใด ก่อน - หลัง พฤติกรรมขั้นนี้ แบ่งออกเป็น 4 ขั้นคือ

2.3.1 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่คุ้นเคย (Solve Routine Problem) หรือปัญหาที่เคยเรียนมาแล้ว พฤติกรรมขั้นนี้เป็นความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่คล้ายคลึงแต่ไม่ใช่ข้อเดียวกันกับตัวอย่างหรือแบบฝึกหัดที่นักเรียนเคยทำมาแล้ว นักเรียนจะต้องอาศัยความรู้ความจำ เกี่ยวกับการคิดคำนวณ และความเข้าใจมาผสมผสานกับแก้ปัญหาเพื่อให้ได้ผลลัพธ์ออกมา

2.3.2 ความสามารถในการเปรียบเทียบ (Make Comparison) เป็นความสามารถในการหาความสัมพันธ์ โดยการเปรียบเทียบข้อมูลที่โจทย์ให้มา 2 ชุด ในการแก้ปัญหาอาจจะต้องใช้วิธีการคิดคำนวณ ความเข้าใจแล้วจึงนำมาเปรียบเทียบเพื่อตัดสินใจ

2.3.3 ความสามารถในการวิเคราะห์ข้อมูล (Analyze Data) เป็นความสามารถในการจำแนกและตัดสินใจว่าข้อมูลส่วนใดจำเป็นหรือไม่จำเป็นต่อการแก้ปัญหาโจทย์

2.3.4 ความสามารถในการมองเห็นแบบ ลักษณะโครงสร้างที่เหมือนกันและการสมมาตร (Recognize Patterns, Isomorphisms, and Symmetries) พฤติกรรมในขั้นนี้จะเกี่ยวกับการระลึกถึงข้อมูล แปลงปัญหาการจัดกระทำกับข้อมูล การมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่คุ้นเคยกับข้อมูลที่กำหนดให้ หรือจากปัญหาที่กำหนดขึ้น

2.4 การวิเคราะห์ (Analysis) พฤติกรรมขั้นนี้ถือว่าเป็นพฤติกรรมขั้นสูงสุดด้านสติปัญญา นักเรียนจะตอบปัญหาที่วัดพฤติกรรมขั้นนี้ได้ ต้องมีความสามารถในระดับสูง โจทย์ปัญหาจะมีลักษณะซับซ้อน พลิกเพลง ซึ่งนักเรียนไม่เคยลองฝึกทำมาก่อน แต่ทั้งนี้มิได้หมายความว่าโจทย์ปัญหานั้นจะอยู่นอกขอบข่าย เนื้อหาวิชาที่เคยเรียนมา ดังนั้น การแก้โจทย์ปัญหาที่วัดพฤติกรรมในขั้นนี้จึงครอบคลุมความรู้ความสามารถในสามขั้นที่กล่าวมาแล้ว รวมทั้งการมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ เพื่อสามารถค้นพบวิธีการหรือแนวทางในการแก้ปัญหานั้นๆ ได้ พฤติกรรมขั้นวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 5 ขั้นย่อยๆ คือ

2.4.1 ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาที่ไม่คุ้นเคยมาก่อน (Solve Nonroutine Problems) คำถามในขั้นนี้เป็นคำถามที่ต้องคิดซับซ้อน เป็นโจทย์ที่ไม่ได้อยู่ในแบบฝึกหัดหรือตัวอย่าง ไม่เคยเห็นมาก่อน นักเรียนจะแก้ปัญหาได้ต้องอาศัยความคิดสร้างสรรค์ของคณิตศาสตร์ ต้องเข้าใจโมเดลหรือนิยามตลอดจนทฤษฎีต่างๆ ที่ครูสอนมาแล้วเป็นอย่างดีแล้วใช้ความรู้เหล่านั้นมาผสมผสานกันแก้ปัญหา

2.4.2 ความสามารถในการค้นหาความสัมพันธ์ (Discover Relationships)

ข้อสอบที่วัดพฤติกรรมในขั้นนี้ นักเรียนจะต้องจัดส่วนต่างๆ ที่โจทย์กำหนดให้ใหม่ แล้วสร้างความสัมพันธ์ขึ้นเพื่อใช้ในการแก้ปัญหา พฤติกรรมในขั้นนี้ต่างไปจากขั้นนำไปใช้ตรงที่นักเรียนต้องรวบรวมสิ่งที่โจทย์กำหนดให้มาเป็นความสัมพันธ์ใหม่ แทนที่จะจำความสัมพันธ์อันเดิมที่เคยพบมาแล้ว มาใช้กับข้อมูลชุดใหม่เท่านั้น

2.4.3 ความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์ (Construct Proofs) เป็นความสามารถในการสร้างข้อพิสูจน์โจทย์ปัญหาที่ไม่เคยพบมาก่อน นักเรียนจะต้องอาศัยนิยามและทฤษฎีความรู้ต่างๆ มาช่วยแก้ปัญหา

2.4.4 ความสามารถในการวิพากษ์วิจารณ์ การพิสูจน์ (Criticize Proofs) เป็นการให้เหตุผลที่ควบคู่ไปกับความสามารถในการพิสูจน์ ซึ่งต้องการให้นักเรียนมองเห็นหรือเข้าใจการพิสูจน์นั้นว่าถูกต้องหรือไม่ มีตอนใดผิดพลาดไปบ้าง

2.4.5 ความสามารถในการสร้างสูตร และการทดสอบความถูกต้องของสูตรนั้น ซึ่งใช้เป็นกรณีทั่วไปได้ (Formulate and Validate Generalization) พฤติกรรมขั้นนี้คล้ายกับข้อ 2.3 แต่อาจซับซ้อนมากกว่า นักเรียนต้องสามารถสร้างสูตรขึ้นมาใหม่ โดยให้สัมพันธ์กับเรื่องที่เคยเรียนมาแล้วและต้องสมเหตุสมผล สามารถใช้ได้ทุกกรณี

ผู้วิจัยได้นำความรู้เรื่องการจำแนกพฤติกรรมที่พึงประสงค์ของวิชาคณิตศาสตร์ ทางด้านสติปัญญาตามแนวคิดของวิลสันไปใช้ในการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนก่อนเรียนและหลังเรียน เรื่องชนิดของฟังก์ชัน สำหรับนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งผู้วิจัยใช้เป็นเครื่องมือวิจัยในครั้งนี้

3. การเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์

3.1 ความหมายและแบบของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์

ความหมายและแบบของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ มีผู้ให้ความหมายไว้ ดังนี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท, 2551, น.98) กล่าวถึง การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ว่าเป็นกระบวนการที่ต้องอาศัย การคิดวิเคราะห์และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ ในการนำความรู้ เนื้อหาสาระและหลักการทางคณิตศาสตร์ มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผลระหว่างความรู้และทักษะและกระบวนการที่มีในเนื้อหาคณิตศาสตร์กับงานที่เกี่ยวข้องเพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหาและการเรียนรู้แนวคิดใหม่ที่ซับซ้อนหรือสมบูรณ์ขึ้น

รูปแบบของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ อาจจำแนกตามลักษณะการเชื่อมโยงได้ เป็น 2 แบบ ดังนี้

3.1.1 การเชื่อมโยงความรู้ด้านต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ เป็นการนำความรู้และทักษะและกระบวนการต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ไปสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผล ทำให้สามารถแก้ปัญหาได้หลากหลายวิธีหรือกระทัดรัดขึ้น และทำให้การเรียนการสอนคณิตศาสตร์มีความหมายสำหรับนักเรียนมากยิ่งขึ้น

3.1.2 การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ เป็นการนำความรู้และทักษะและกระบวนการต่างๆทางคณิตศาสตร์ไปสัมพันธ์กันอย่างเป็นเหตุเป็นผลกับเนื้อหาและความรู้ของศาสตร์อื่นๆ เช่น วิทยาศาสตร์ ดาราศาสตร์ พันธุกรรมศาสตร์ จิตวิทยาและเศรษฐศาสตร์ เป็นต้น ทำให้การเรียนคณิตศาสตร์น่าสนใจ มีความหมายและนักเรียนเห็นความสำคัญของการเรียนคณิตศาสตร์

อัมพร ม้าคนอง (2553, น.60) กล่าวว่า การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ เป็นสิ่งที่สะท้อนให้เห็นถึงการใช้งานของคณิตศาสตร์ ในชีวิตจริงที่สามารถพบเห็นได้ทั่วไป การเชื่อมโยงมีความสำคัญและจำเป็น สำหรับการเรียนรู้คณิตศาสตร์อย่างมีความหมาย เนื่องจากการเชื่อมโยงจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจคณิตศาสตร์ที่เรียนในห้องเรียนได้ดีขึ้น ตลอดจนมองเห็นความสำคัญและคุณค่าของคณิตศาสตร์ในแง่ของการเป็นเครื่องมือที่เป็นประโยชน์ ที่สามารถนำไปใช้กับศาสตร์สาขาอื่นได้ ทำให้คณิตศาสตร์เป็นวิชาที่น่าสนใจ ไม่ใช่เป็นเพียงวิชาที่เรียนทฤษฎีบท กฎ สูตร นิยาม เพื่อใช้แก้ปัญหาคณิตศาสตร์เฉพาะในห้องเรียนอีกต่อไป ด้วยเหตุผลดังกล่าว ทักษะการเชื่อมโยงจึงถูกเน้นมากในการเรียนการสอนปัจจุบัน

จากความหมายและแบบของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สามารถสรุปได้ว่า คือ กระบวนการที่ต้องอาศัยการคิดวิเคราะห์และความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ในการนำความรู้ เนื้อหาหลักการทางคณิตศาสตร์ มาสร้างความสัมพันธ์อย่างเป็นเหตุเป็นผล รวมเป็นองค์ประกอบเดียวกัน สะท้อนให้เห็นถึงการนำคณิตศาสตร์ไปในชีวิตจริง ซึ่งรูปแบบของการเชื่อมโยงแบ่งออกเป็น การเชื่อมโยงความรู้ด้านต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ

3.2 คณิตศาสตร์กับการเชื่อมโยง

เคนเนดี และทิปส์ (Kennedy & Tipps, 1994, pp. 194-198 อ้างถึงใน ศศิธร แก้วรักษา, 2547, น.16) กล่าวว่า การเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มีความสำคัญ นักเรียนจะต้องรู้จักสร้างการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่เป็นรูปธรรม ได้แก่ รูปภาพ แผนภาพ สัญลักษณ์และมโนคติกับกระบวนการรวมเนื้อหาและวิธีการต่างๆ ทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันและจะต้องรู้จักสร้างการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง

การเชื่อมโยงควรสร้างให้เกิดขึ้นสม่ำเสมอในระหว่างการเรียนรู้ การจัดการกับเนื้อหาให้เป็นรูปธรรม โดยให้นักเรียนได้ปฏิบัติงานหรือทำกิจกรรมแล้วแปลความหมายกิจกรรมในแบบของรูปภาพ แผนภูมิ ตารางข้อมูลกราฟ และสัญลักษณ์ต่าง ๆ เช่น ในชั้นเรียนเกรด 3 ครูได้สอนให้นักเรียนสร้างการเชื่อมโยงระหว่าง “ลูกกอล์ฟ” กับ เศษส่วน นักเรียนในชั้นนั้นได้รู้จักการสร้างการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริงด้วยปัญหาการทำ “ลูกกอล์ฟ”

การเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่นๆ และกับชีวิตจริง เกิดขึ้นได้มากมาย ครูสามารถให้นักเรียนปฏิบัติงานที่จะเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ สังคมศึกษา ศิลปะ งานกิจกรรมเกี่ยวกับอาหารและกิจกรรมในวิชาต่างๆ

ตัวอย่างต่อไปนี้ แสดงถึงวิธีที่ครูจะสร้างการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับศาสตร์ต่าง ๆ และสังคมนาด้วย การให้นักเรียนทำโครงการที่บางโครงการอาจให้ทำร่วมกันทั้งชั้นรายบุคคลหรือทำโดยกลุ่มย่อย ดังนี้

1) คณิตศาสตร์กับวิทยาศาสตร์ เช่น การจดบันทึกอุณหภูมิ ความเร็วลม แรงดันอากาศ การส่งมนุษย์ไปดวงจันทร์ การโคจรของดาวเคราะห์ การกำหนดมาตราส่วนและการสร้างแบบจำลองของระบบสุริยะจักรวาล

2) คณิตศาสตร์กับสังคมศึกษา เช่น นาฬิกาน้ำ และนาฬิกาทราย การสร้างพีระมิดในอียิปต์ ศึกษาการออกแบบเฟรม ถ้วยชาม และตะกร้า ที่ใช้หลักการสมมาตร และทรงลูกบาศก์ของชาวอินเดียแสดงทางตะวันตกเฉียงใต้ของสหรัฐ การแยกประเภทของอาชีพต่างๆ เป็นอาชีพที่มีเครื่องแบบและไม่มีเครื่องแบบ เช่น นักวิจัย ผู้ให้บริการ คนงานโรงงาน ทหาร และปลุสตัน

3) คณิตศาสตร์กับศิลปะ เช่น การวัดกระดาษเพื่อตัดขอบผนัง การกำหนดมาตราส่วนฉากละครในชั้นเรียน วัดและเตรียมกระดาษสร้างฉาก การวาดภาพทิวทัศน์ต่างๆ

4) คณิตศาสตร์กับสุขศึกษา เช่น การวัดส่วนสูงของนักเรียน การบันทึกผลในรูปตารางและกราฟ การหาปริมาณแคลอรีจากการอ่านฉลากข้อมูลโภชนาการของกล่องผลิตภัณฑ์ การวัดระดับคลอเรสเตอรอล

5) คณิตศาสตร์กับการอ่านและศิลปะทางภาษา เช่น การหารูปแบบของคำ การแยกประเภทของคำ การทำวิจัยรากศัพท์ของภาษาคณิตศาสตร์ การวิจัยและเขียนเรื่องราวของนักคณิตศาสตร์ที่มีชื่อเสียง จำนวน และความงามของตัวเลข การวิเคราะห์ข้อความเพื่อบอกจำนวนพยัญชนะ (เรื่องนี้สามารถเชื่อมโยงกับรายการเกมโชว์ทางโทรทัศน์ของสหรัฐที่ชื่อ Wheel of Fortune)

6) คณิตศาสตร์กับการศึกษาทางกายภาพ เช่น การนับจำนวนรอบของการกระโดดเชือก การแสดงให้เห็นว่าโอลิมปิกยิ่งใหญ่ การจัดการพื้นที่ในการเล่น การจับเวลาการแข่งขัน

คณิตศาสตร์กับโลกปัจจุบันเชื่อมโยงกันในหลาย ๆ ด้าน จากบทความในหนังสือพิมพ์หรือนิตยสาร ไม่ว่าจะเป็นทางด้านธุรกิจ แนวโน้มทางเศรษฐกิจ สภาพอากาศและข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ การรายงานพิเศษทั้งในรูปแบบบทความและภาพข่าว แผนผังการเดินทางที่ท่าเรือ สถานีรถไฟและสนามบิน ล้วนให้ข้อมูลที่เป็นคณิตศาสตร์ เพื่ออำนวยความสะดวกแก่ผู้คนที่ทั้งสิ้น ปัญหาทางเศรษฐกิจ ปัญหาการจัดการขยะและมลพิษที่เกิดจากรถยนต์ ของเสียจากโรงงานได้ทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับการดำรงชีวิตในปัจจุบัน ครูจึงควรสอนโดยบูรณาการคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ หรือกับปัญหาในชีวิตจริงที่เกิดขึ้นในแต่ละวัน

ดังนั้น นักเรียนจะต้องรู้จักสร้างการเชื่อมโยงเนื้อหาต่าง ๆ ในวิชาคณิตศาสตร์เพื่อจะได้บูรณาการเนื้อหาทั้งหมด ครูจะประสบความสำเร็จเมื่อทำหน้าที่ทำให้นักเรียนสามารถสร้างและเชื่อมโยงมโนมติของเนื้อหาต่าง ๆ เข้าด้วยกัน เช่น เศษส่วนและทศนิยมกับเรื่องของเปอร์เซ็นต์ การคูณกับการบวก การหารกับการลบและการนำการวัดไปใช้ในเรขาคณิต นักเรียนต้องรู้จักการเชื่อมโยงคณิตศาสตร์กับศาสตร์อื่น ๆ และคณิตศาสตร์กับชีวิตจริงได้

สรุปได้ว่าคณิตศาสตร์กับการเชื่อมโยงนั้น นักเรียนจะต้องรู้จักการเชื่อมโยงระหว่างสิ่งที่เป็นรูปธรรม และมโนมติกับกระบวนการรวมเนื้อหาและวิธีการต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์เข้าด้วยกันและรู้จักสร้างการเชื่อมโยงระหว่างคณิตศาสตร์กับชีวิตจริง ซึ่งการเชื่อมโยงควรสร้างให้เกิดขึ้นอย่างสม่ำเสมอในระหว่างการเรียนรู้การสอนเพื่อให้นักเรียนเห็นเนื้อหาเป็นรูปธรรมขึ้น โดยให้นักเรียนได้ปฏิบัติงาน หรือทำกิจกรรมแล้วแปลความหมายของกิจกรรมนั้น

3.3 มาตรฐานการเชื่อมโยง

มาตรฐานการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์มีผู้กล่าวถึง ไว้ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท, 2551, น. 162-163)

กล่าวถึงมาตรฐานทางด้านการเชื่อมโยง ดังนี้

- 1) ระลึกและการใช้การเชื่อมโยงระหว่างแนวคิดทางคณิตศาสตร์ได้
- 2) เข้าใจแนวคิดต่างๆ ทางคณิตศาสตร์ว่าเชื่อมโยงกันอย่างไร และสร้างแนวคิดทางคณิตศาสตร์ใหม่ที่สอดคล้องกับของเดิมได้

- 3) ระลึกและประยุกต์ใช้คณิตศาสตร์ในบริบทอื่น ๆ นอกเหนือจากคณิตศาสตร์ได้

มาตรฐานของการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย (เกรด 9-12) ของสภาครูคณิตศาสตร์แห่งชาติสหรัฐอเมริกา (The National Council of Teachers of Mathematics (NCTM), 2000, pp.1-2) ได้กล่าวไว้ว่า โปรแกรมการเรียนการสอนคณิตศาสตร์ ควรจัดกิจกรรมที่มุ่งเน้นให้มีการเชื่อมโยงความรู้ต่างๆ เข้าด้วยกัน เพื่อเสริมสร้างให้นักเรียนได้รู้และเข้าใจคณิตศาสตร์ และเพื่อให้นักเรียนทุกคนมีความสามารถ ดังนี้

- 1) ตระหนักถึงความสำคัญของการเชื่อมโยงและเชื่อมโยงองค์ความรู้ต่าง ๆ ตลอดจนแนวคิดต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ได้
- 2) เข้าใจถึงวิธีการที่จะสร้างแนวคิดต่าง ๆ โดยเชื่อมโยงองค์ความรู้เพื่อให้ได้ความรู้ใหม่ได้
- 3) ขยายความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปใช้ได้ ตลอดจนสามารถนำความรู้ทางคณิตศาสตร์ไปช่วยในการพิจารณาวิธีต่าง ๆ ได้
- 4) ระลึกถึงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ที่ได้เรียนรู้มาแล้ว และสามารถนำความรู้เหล่านั้นมาใช้เชื่อมโยงในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์และวิชาอื่น ๆ ได้

3.4 การประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์จากกิจกรรมโครงการ

ชานนท์ จันทรา (2554, น.13-16) กล่าวว่า การประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์จากกิจกรรมโครงการเป็นการประเมินความสามารถในการเชื่อมโยง การนำความรู้ หลักการและวิธีการทางคณิตศาสตร์ไปช่วยแก้ปัญหาหรือประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่าง สอดคล้องและเหมาะสม หรือการนำความรู้ หลักการและวิธีการทางคณิตศาสตร์ไปช่วยแก้ปัญหา หรือประยุกต์ใช้ในสาระอื่นทางคณิตศาสตร์หรือสาระอื่น ๆ ที่ไม่ใช่คณิตศาสตร์ได้อย่าง สอดคล้อง และเหมาะสม โดยการประเมินจากพฤติกรรมที่แสดงออกถึงความสามารถของนักเรียนในการ เชื่อมโยงความรู้ต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์และการเชื่อมโยงศาสตร์อื่น ๆ ซึ่งพฤติกรรมการแสดง มี ดังนี้

- 1) เปรียบเทียบความรู้ของแต่ละสาระ
- 2) เชื่อมโยงสถานการณ์จริงกับแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
- 3) หาข้อสรุปจากแบบจำลองทางคณิตศาสตร์
- 4) เชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ หลักการและกระบวนการทางคณิตศาสตร์กับ ศาสตร์อื่น ๆ เพื่อนำไปสู่สมมติฐานที่ซับซ้อน
- 5) สรุปสาระสำคัญที่เกี่ยวข้องกับคณิตศาสตร์และศาสตร์อื่น ๆ

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ จำนวน 12 เรื่อง ได้แก่ งานวิจัยของ เจริญใจ จันทศรี (2550), ดวงคำ แดงคงรอด (2555), ทิพรัตน์ ปะสิละเตสัง (2551), ประสงค์ บุญหล้า (2552), ปราณีต ธรรมโลกา (2550), พรเนตร ตีระมาตย์ (2550), เพชร บุนนิตโกษฐ์ (2554), รักษ์ชล พัสตุสาร (2552), รัชณี ทุ่มแห้ว (2552), เรณู รัตนประเสริฐ (2554),

สุวรรณา ตั้งแก้ว (2556), สมชาย ทองบ่อ (2551) พบว่า มีงานวิจัย 8 เรื่องมีวัตถุประสงค์การวิจัยที่สอดคล้องกัน คือ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน ระหว่างก่อนและหลัง การใช้กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ 2) เพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ และ 3) เพื่อศึกษาคุณภาพของโครงงานคณิตศาสตร์ของนักเรียน เจียมใจ จันทร์ศรี (2550), ทิพรรัตน์ ปะสีละเตสัง (2551), ประสงค์ บุญหล้า (2552), พรเนตร ดีระมาตย์ (2550), รักษ์ชล พัสตุสาร (2552), รัชณี พุ่มแห้ว (2552), เรณู รัตนประเสริฐ (2554) และสมชาย ทองบ่อ (2551) ส่วนงานวิจัยของ เพชร บุรินทร์โกษฐ์ (2554) มีวัตถุประสงค์การวิจัย คือ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์โดยใช้กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์กับการสอนแบบปกติ 2) เพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ โดยใช้กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ และ 3) เพื่อศึกษาคุณภาพโครงงานคณิตศาสตร์ โดยใช้กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ งานวิจัยของ สุวรรณา ตั้งแก้ว (2556) มีวัตถุประสงค์การวิจัย 2 ข้อ คือ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน ระหว่างกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์และกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมแบบปกติ และ 2) เพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของกลุ่มที่ได้รับการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ งานวิจัยของ ดวงคำ แดงคงรอด (2555) มีวัตถุประสงค์การวิจัย 2 ข้อ คือ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังได้รับการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ และ 2) เพื่อศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดกิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ ส่วนงานวิจัยของปราณีต ธรรมโลกา (2550) มีวัตถุประสงค์การวิจัย 2 ข้อ คือ 1) เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ระหว่างก่อนและหลัง การใช้กิจกรรมโครงงานคณิตศาสตร์ และ 2) เพื่อศึกษาความสามารถในการประยุกต์ความรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์

แบบแผนการวิจัย พบว่า มีงานวิจัย 10 เรื่องที่สอดคล้องกัน คือ เป็นการวิจัยแบบก่อนและหลัง การทดลองกลุ่มเดียว (เจียมใจ จันทร์ศรี, 2550; ดวงคำ แดงคงรอด, 2555; ทิพรรัตน์ ปะสีละเตสัง, 2551; ประสงค์ บุญหล้า, 2552; ปราณีต ธรรมโลกา, 2550; พรเนตร ดีระมาตย์, 2550; รักษ์ชล พัสตุสาร, 2552; รัชณี พุ่มแห้ว, 2552; เรณู รัตนประเสริฐ, 2554; และสมชาย ทองบ่อ, 2551) มีขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 35 คน 20 คน 45 คน 35 คน 11 คน 28 คน 60 คน 44 คน 30 คน และ 31 คน ตามลำดับ งานวิจัยของเพชร บุรินทร์โกษฐ์ (2554) เป็นการวิจัยเชิงกึ่งทดลอง ใช้แบบแผนการวิจัยแบบศึกษากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม วัดผลก่อนเรียนและหลังเรียน มีขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 60 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มทดลอง 30 คน และกลุ่มควบคุม 30 คน งานวิจัยของสุวรรณา ตั้งแก้ว (2556) ใช้แบบ

แผนการวิจัยแบบศึกษากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม มีขนาดกลุ่มตัวอย่างจำนวน 76 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มทดลอง 38 คน และกลุ่มควบคุม 38 คน

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง พบว่าทุกเรื่องมีวิธีการเลือกที่มีความสอดคล้องกัน คือ ใช้วิธีการสุ่มแบบกลุ่ม

เนื้อหาที่ศึกษาในงานวิจัยทั้ง 12 เรื่อง เป็นการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ ดังนี้ งานวิจัยของเจียมใจ จันทร์ศรี (2550) ศึกษาเรื่องทศนิยม งานวิจัยของ ดวงคำ แดงคงรอด (2555) ศึกษาเรื่องพื้นที่ผิวและปริมาตร งานวิจัยของทิพรรัตน์ ปะสิละเตสัง (2551) ศึกษาเรื่องสถิติ งานวิจัยของประสงค์ บุญหล้า (2552) ศึกษาเรื่องความสัมพันธ์ งานวิจัยของปราณีต ธรรมโลกา (2550) ศึกษาเรื่องถุนันต์และกราฟ งานวิจัยของ พรเนตร ตีระมาตย์ (2550) ศึกษาเรื่องสมการเชิงเส้นตัวแปรเดียว งานวิจัยของเพชร บุรินทร์โกษฐ์ (2554) ศึกษาเรื่องเลขยกกำลัง งานวิจัยของรักษัชล พัสตุสาร (2552) ศึกษาเรื่องการประมาณค่า งานวิจัยของรัชณี ทุ่มแห้ว (2552) ศึกษาเรื่องอัตราส่วนและร้อยละ งานวิจัยของเรณู รัตนประเสริฐ (2554) ศึกษาเรื่องเศษส่วน งานวิจัยของสุวรรณา ตั้งแก้ว (2556) ศึกษาเรื่องความคล้าย งานวิจัยของสมชาย ทองบ่อ (2551) ศึกษาเรื่องทฤษฎีบทพีทาโกรัส

สำหรับเครื่องมือการวิจัย จากงานวิจัยที่ศึกษา มีงานวิจัย 8 เรื่อง มีเครื่องมือวิจัยที่สอดคล้องกัน คือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการ 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ 3) แบบประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์และ 4) แบบประเมินโครงการคณิตศาสตร์ (เจียมใจ จันทร์ศรี, 2550; ทิพรรัตน์ ปะสิละเตสัง, 2551; ประสงค์ บุญหล้า, 2552; พรเนตร ตีระมาตย์, 2550; รักษัชล พัสตุสาร, 2552; รัชณี ทุ่มแห้ว, 2552; เรณู รัตนประเสริฐ, 2554; และสมชาย ทองบ่อ, 2551) ส่วนงานวิจัยของ ปราณีต ธรรมโลกา (2550) มีเครื่องมือวิจัยที่แตกต่างกัน คือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการ 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ และ 3) แบบประเมินโครงการด้านการประยุกต์ความรู้ งานวิจัยของ เพชร บุรินทร์โกษฐ์ (2554) มีเครื่องมือการวิจัยที่แตกต่างกัน คือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการ 2) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ 4) แบบประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์และ 5) แบบประเมินคุณภาพโครงการคณิตศาสตร์ งานวิจัยของ สุวรรณา ตั้งแก้ว (2556) มีเครื่องมือการวิจัย 4 ฉบับ คือ 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการ 2) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสอนแบบปกติ 3) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ 4) แบบประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ งานวิจัยของ ดวงคำ แดงคงรอด (2555) มีเครื่องมือการวิจัย 3 ฉบับ คือ 1) แผนการจัดกิจกรรม

โครงการ 2) แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ 3) แบบประเมินความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล มีงานวิจัย 8 เรื่อง ที่ใช้สถิติที่สอดคล้องกัน คือ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการทดสอบค่าที (เจียมใจ จันทศรี, 2550; ทิพรรัตน์ ปะสิละเตสัง, 2551; ประสงค์ บุญหล้า, 2552; พรเนตร ตีระมาตย์, 2550; รักษ์ชล พัสตุสาร, 2552; รัชณี ทุ่มแห้ว, 2552; เรณู รัตนประเสริฐ, 2554; และสุวรรณ ดั่งแก้ว, 2556) ส่วนงานวิจัยของ ปราณีต ธรรมโลกา (2550) ใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการทดสอบเครื่องหมาย สำหรับงานวิจัยของ เพชร บุรินทร์โกษฐ์ (2554) ใช้ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานและการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม นอกจากนี้ สมชาย ทองบ่อ (2551) และดวงคำ แดงคงรอด (2555) ใช้ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบค่าที

ผลการวิจัย 1) จากการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียน พบว่างานวิจัย 10 เรื่อง มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังได้รับการสอน โดยใช้กิจกรรมโครงการสูงกว่าก่อนเรียน (เจียมใจ จันทศรี, 2550; ดวงคำ แดงคงรอด, 2555; ทิพรรัตน์ ปะสิละเตสัง, 2551; ประสงค์ บุญหล้า, 2552; ปราณีต ธรรมโลกา, 2550; พรเนตร ตีระมาตย์, 2550; รักษ์ชล พัสตุสาร, 2552; รัชณี ทุ่มแห้ว, 2552; เรณู รัตนประเสริฐ, 2554; และสมชาย ทองบ่อ, 2551) มีงานวิจัย 2 เรื่อง พบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ที่จัดการเรียนรู้โดยใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์สูงกว่ากลุ่มที่จัดการเรียนรู้แบบปกติ (เพชร บุรินทร์โกษฐ์, 2554; และสุวรรณ ดั่งแก้ว, 2556) 2) จากการศึกษาความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์ พบว่างานวิจัย 9 เรื่องมีความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี (เจียมใจ จันทศรี, 2550; ดวงคำ แดงคงรอด, 2555; ทิพรรัตน์ ปะสิละเตสัง, 2551; ประสงค์ บุญหล้า, 2552; พรเนตร ตีระมาตย์, 2550; เพชร บุรินทร์โกษฐ์, 2554; รักษ์ชล พัสตุสาร, 2552; รัชณี ทุ่มแห้ว, 2552; และสมชาย ทองบ่อ, 2551) มีงานวิจัย 2 เรื่อง พบว่าความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก (เรณู รัตนประเสริฐ, 2554; และสุวรรณ ดั่งแก้ว, 2556) ส่วนงานวิจัยของปราณีต ธรรมโลกา (2550) พบว่าความสามารถในการประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี และ 3) จากการศึกษาคุณภาพโครงการคณิตศาสตร์ของนักเรียน พบว่างานวิจัย 6 เรื่อง มีคุณภาพของโครงการคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดี (เจียมใจ จันทศรี, 2550; พรเนตร ตีระมาตย์, 2550; รัชณี ทุ่มแห้ว, 2552; ประสงค์ บุญหล้า, 2552; สมชาย ทองบ่อ, 2551; และเพชร บุรินทร์โกษฐ์, 2554) งานวิจัย 2 เรื่อง พบว่ามีคุณภาพของโครงการคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก (ทิพรรัตน์ ปะสิละเตสัง, 2551; และเรณู รัตนประเสริฐ, 2554) งานวิจัย 1 เรื่อง พบว่ามีคุณภาพของโครงการคณิตศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก 5 โครงการและดี 5 โครงการ (รักษ์ชล พัสตุสาร, 2552) นอกนั้นงานวิจัยอีก 3 เรื่อง

ไม่ได้ศึกษาคุณภาพของโครงการ (ดวงคำ แดงครอง, 2555; ปราณีต ธรรมโลกา, 2550; และ สุวรรณ ตั้งแก้ว, 2556)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ดังกล่าว ข้างต้น ผู้วิจัยสรุปได้ว่าการสอนโดยใช้กิจกรรมโครงการคณิตศาสตร์ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คณิตศาสตร์ของนักเรียนหลังเรียนสูงขึ้น เกิดความเข้าใจในเนื้อหาคณิตศาสตร์มากขึ้น ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการเชื่อมโยงความรู้ทางคณิตศาสตร์

